

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Juli 2003 (24.07.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/059804 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B81B 1/00, B81C 1/00, G03F 7/00

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MEYER, Jörg-Uwe
[DE/DE]; Triftstrasse 17a, 66386 St. Ingbert (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/00360

(74) Anwalt: RÖSLER, Uwe; Landsberger Strasse 480a,
81241 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Januar 2003 (15.01.2003)

(81) Bestimmungsstaat (national): US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 01 640.2 17. Januar 2002 (17.01.2002) DE

Veröffentlicht:
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Aus-
nahme von US): FRAUNHOFER GESELLSCHAFT
ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E. V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54,
80636 München (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A FILM HAVING MICROSCOPIC AND NANOMETRIC SURFACE STRUCTURES,
AND ONE SUCH FILM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER FOLIE MIT OBERFLÄCHENSTRUKTUREN IM MIKRO-
UND NANOMETERBEREICH SOWIE EINE DIESBEZÜGLICHE FOLIE

(57) Abstract: The invention relates to a method for structuring the surface of a film with microscopic and nanometric structures. The invention is characterised in that a film is used which comprises at least one surface provided with microchannels, said microchannels being communicating, at least in parts, and open on one side towards the film surface; a second film is combined with the film having a structured surface in such a way that the microchannels are covered in a liquid-tight or a gas-tight manner by said second film; and at least one liquid or gaseous medium is guided through the microchannels, said medium removing film material inside the microchannels, by means of chemical interaction, in order to create microstructures and/or nanostructures, and/or producing a coating pattern in the form of microscopic and nanometric structures.

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird ein Verfahren zur Oberflächenstrukturierung einer Folie mit Strukturgrößen im Mikro- und Nanometerbereich. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass eine Folie mit wenigstens einer Folienoberfläche, in der wenigstens abschnittsweise zusammenhängende, zur Folienoberfläche einseitig offen ausgebildete Mikrokanäle vorgesehen sind, bereitgestellt wird, dass eine zweite Folie mit der oberflächenstrukturierten Folie derart verfügt wird, dass die Mikrokanäle von der zweiten Folie fluid- und/oder gasdicht überdeckt werden, und dass wenigstens ein flüssiges oder gasförmiges Medium durch die Mikrokanäle geleitet wird, das durch chemische Wechselwirkung Folienmaterial innerhalb der Mikrokanäle zur Erzeugung von Mikro- und/oder Nanostrukturen abträgt und/oder Beschichtungsmuster mit Strukturgrößen im Mikro- und/oder Nanometerbereich erzeugt.

BEST AVAILABLE COPY

Verfahren zur Herstellung einer Folie mit Oberflächenstrukturen im Mikro- und Nanometerbereich sowie eine diesbezügliche Folie

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Folie mit Oberflächenstrukturen, deren Strukturgrößen im Mikro- und Nanometerbereich liegen, sowie auf eine diesbezügliche Folie.

Stand der Technik

Folien der vorstehend genannten Gattung bestehen typischerweise aus Polypropylen (PP) oder Polyester (PE) und weisen Foliendicken im Bereich zwischen $0,1\ \mu\text{m}$ und $100\ \mu\text{m}$ auf. Die mit den heutigen Verfahrenstechniken herstellbaren Folien sind als Meterware in Breiten zwischen 10 cm und 15 m erhältlich und werden in an sich bekannter Weise im Ständerverfahren oder Bubble-Bubble-Verfahren mit nachfolgender Quer- und Längsstreckung hergestellt. Aus einer Vielzahl technischer Gründe werden derartige Folien mit Oberflächenstrukturen, die typischerweise Strukturgrößen zwischen $0,1\ \mu\text{m}$ bis $50\ \mu\text{m}$ aufweisen, versehen. Derartige zumeist als Oberflächenstrukturen ausgebildete Strukturelemente können mittels Prägwalzen in die Folien eingearbeitet werden. Auch werden Folien gezielt mit Löchern durchsetzt, sogenannte Perforationen, die mit Hilfe von Nadel-, Flamm- sowie Lasereinrichtungen in die Folien mit Lochabständen typischerweise größer $100\ \mu\text{m}$ eingebracht werden. Neueste Entwicklungen ermöglichen zudem die Herstellung

einer Nanoperforierung in Folien durch Verwendung sogenannter Nanokristalle, mittels derer die Folien statistisch verteilt perforierbar sind.

Neben dem Einbringen von Oberflächenstrukturen sowie auch die entsprechende Folien vollständig durchsetzenden Perforierungen ist es ebenso bekannt, derartige Folien mit dünnen Keramik- oder Metallschichten oberflächlich zu versehen bzw. zu kaschieren. Derartige dünn-schichtige Keramik- oder Metallschichten mit Schichtdicken typischerweise zwischen 10 und 1000 nm finden beispielsweise Verwendung in der Herstellung von Kondensatorfolien.

Neben der vorstehenden Strukturübertragung auf Folien mittels mechanischer Prägetechniken ermöglichen überdies photolithographische Verfahren die Herstellung von Mikrostrukturierungen auf Polymeren, aufgeschleuderten Filmen sowie Folien. Einzelheiten hierzu sind aus dem Beitrag von Stieglitz, T., Beutel, H., und Meyer, J.U. „a flexible, light-weight multichannel sieve electrode with integrated cables for interfacing regenerating peripheral nerves, A60, 240-243, 1997, Leuven, Belgium, Switzerland, Elsevier, Euroensors X; sens. Actuators A. Phys. (Switzerland), 8-9, 1996, zu entnehmen. Neben den erwähnten photolithographischen Verfahren sind zur Herstellung von Mikrostrukturierungen von Folienoberflächen auch sogenannte soft-lithographische Verfahren bekannt, wie sie beispielsweise aus dem Beitrag von Whitesides G.M. et al., „Microfabrication, Microstructures and Microsystems“, Microsystem Technology in Chemistry and Life Sciences, pp 2-20, 1999 hervorgehen. Die Soft-Lithographie verwendet hauptsächlich aus Silikone (PDMS) gefertigte Stempel oder Walzen, die auf Folienflächen von maximal 1 bis 100 cm² aufgedrückt werden, um die entsprechenden Mikrostrukturen auf die zu bedruckende Folienoberfläche abzuformen. Mit einer ähnlichen Technik wurde bereits im Jahre 1995 unter Verwendung von aus Silikon und Polyurethanen gefertigten Mikrostrukturen biologische Zellen strukturiert und in Arrays gehalten und kultiviert. Genauer hierzu ist aus dem Beitrag von J.-U. Meyer und M. Biehl, „Micropatterned biocompatible materials with applications for cell cultivation“, Journal Of Micromechanics And Microengineering, vol. 5, pp. 172-174, 1995, zu entnehmen.

Im Bestreben möglichst großflächige Folienflächen beispielsweise im Wege der mikrostrukturierten Stempeltechnik zu strukturieren, ging man dazu über, an sich kleinflächige, mikrostrukturierte Stempel durch Replikation, d.h. wiederholtes, räumliches Versetzen des Stempels lateral zu einer mikrostrukturierenden Folienoberfläche, auf größere Folienflächen auszuweiten. Derartige Replikationsverfahren besitzen jedoch den Nachteil der exakten Aneinanderreihung der einzelnen Stempelmuster sowie der unumgänglichen Notwendigkeit die Muster im Raster des Stempels exakt zu wiederholen. Betreibt man jedoch den Aufwand der vorstehenden Stempelreplikation längs einer zu strukturierenden Fläche nicht, so ist die zu strukturierende Folienfläche lediglich auf das maximale Stempelflächenmaß begrenzt, das üblicherweise wesentlich kleiner als 10 cm^2 ist. Nachteilhaft bezüglich der aus PDMS-Materialien gefertigten Stempel ist zudem der unvermeidliche Vernetzungsvorgang des Stempelmateri als, der durch Alterungsprozesse zu einer nur unbefriedigenden Strukturtreue des Stempels führt.

Auch sind den auf der Photolithographie beruhenden Mikrostrukturierungs- und Beschichtungsverfahren Grenzen in der zu prozessierenden Foliensubstratgröße gesetzt, da übliche Prozesskammern für die Durchführung von Plasma- und Vakuumprozessen lediglich einen Durchmesser wesentlich kleiner als 1 m besitzen. So werden mit der Photolithographie lediglich Wafersubstrate mit Durchmessern zwischen 10 und 20 cm photolithographisch bearbeitet bzw. strukturiert. Zwar ist es grundsätzlich möglich mit Hilfe moderner Lasertechnik größerflächige Folienoberflächen zu strukturieren, doch erfolgt die Laserstrukturierung und Mustererzeugung üblicherweise seriell und bedarf darüber hinaus anspruchsvoller und kostenintensiver Lasertechnologien.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Oberflächenstrukturierung einer Folie mit Strukturgrößen im Mikro- und Nanometerbereich derart anzugeben, dass möglichst große Folienoberflächen, d.h. Flächengrößen von größer 100 cm^2 mit Oberflächenstrukturen im Mikro- und Nanometerbereich auf möglichst kostengünstige Weise erzeugt werden können. Die

zu erzeugenden Oberflächenstrukturen sollen mit einer, bezogen auf die gesamte zu strukturierende Folienoberfläche, gleichbleibenden Strukturqualität und Genauigkeit erzeugbar sein, wie sie beispielsweise mit Hilfe an sich bekannter photolithographischer Strukturierungsprozesse erreichbar sind. Jedoch sollen auf eben jene aufwendigen und kostenintensiven photolithographischen Mikro- und Nanostrukturierungsprozesse vollständig verzichtet werden.

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist in den Ansprüchen 1, 2 sowie 3 angegeben. Erfindungsgemäße Folien, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbar sind, sind Gegenstand der Ansprüche 18 ff.. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele zu entnehmen.

Erfindungsgemäß zeichnet sich eine erste Alternative eines Verfahrens zur Oberflächenstrukturierung einer Folie mit Strukturgrößen im Mikro- und Nanometerbereich durch die Kombination folgender Verfahrensschritte aus:

Zunächst wird eine Folie bereitgestellt, auf deren wenigstens einer Folienoberfläche Mikrostrukturen eingebracht sind, die als wenigstens abschnittsweise zusammenhängende, zur Folienoberfläche einseitig offen ausgebildete Mikrokanäle ausgebildet sind. Derartige, vorgeprägte Folien mit geeigneten Mikrokanälen als Mikrostrukturen können mit an sich bekannten Prägetechniken erzeugt werden und sind in dieser Form mit den unterschiedlichsten Oberflächenstrukturen im Mikrometerbereich erhältlich.

In einem zweiten Schritt wird eine zweite Folie mit der vorgeprägten Folie derart verfügt, vorzugsweise lösbar fest auf die vorgeprägte Folie auflaminiert, dass die Mikrokanäle von der zweiten Folie fluid- und/oder gasdicht überdeckt sind. Die zweite Folie sollte hierzu eine glatte eben ausgebildete Folienfläche aufweisen, die auf die vorgeprägte Folienoberfläche aufgesetzt wird.

Schließlich wird wenigstens ein flüssiges oder gasförmiges Medium durch die von den Folien eingeschlossenen Mikrokanäle geleitet, deren Kanalquerschnitt typischerweise $0,1 - 10^5$ Mikroquadratmeter, wobei das wenigstens eine flüssige oder gasförmige Medium derart gewählt ist, dass zwischen dem Medium und dem Folienmaterial innerhalb längs der Mikrokanäle eine chemische Wechselwirkung zur Erzeugung von Mikro- und/oder Nanostrukturen im Wege lokaler Materialabtragungen erfolgt und/oder Beschichtungsmuster mit Strukturgrößen im Mikro- und/oder Nanometerbereich innerhalb längs der Mikrokanäle durch lokale Materialablagerungen entstehen.

Vorstehende Lösungsvariante stellt einen Lösungsfall dar, in dem lediglich zwei Folien miteinander verfügt werden, von denen wenigstens eine Folienoberfläche eine vorgeprägte Oberflächenmikrostruktur zur Ausbildung der von beiden Folien eingeschlossenen Mikrokanäle aufweist, durch die ein entsprechend ausgewähltes flüssiges oder gasförmiges Medium zu Zwecken innerhalb der Mikrokanäle stattfindenden nass- oder gaschemischen Ätz- und/oder Beschichtungsprozessen geleitet wird.

Eine abgewandelte, alternative Lösungsvariante sieht vor, anstelle der vorgeprägten Folie eine Folie mit einer Folienoberfläche vorzusehen, auf der im Wege zumindest eines Materialabscheidungsprozesses Bereiche der Folienoberfläche mit Abscheidematerial überdeckt sind, die freie Bereiche der Folienoberfläche umgeben, die einseitig offen ausgebildete Mikrokanäle darstellen. Wie im weiteren unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele im einzelnen erläutert wird, können die mit Abscheidematerial überdeckten Folienbereiche im Wege nasschemischer Abscheideprozesse in ihrer Schichtdicke zusätzlich verstärkt werden, so dass sich auf diese Weise Mikrokanäle ergeben, die von den jeweiligen Materialabscheidebereichen begrenzt sind.

Im weiteren wird nun eine zweite Folie gleichsam der ersten Lösungsvariante mit den über die Folienoberfläche erhabenen Bereiche mit Abscheidematerial derart verfügt, dass die Mikrokanäle von der zweiten Folie fluid- und/oder gasdicht überdeckt

werden. Analog zur ersten Verfahrensvariante wird nun wenigstens ein flüssiges oder gasförmiges Medium durch die Mikrokanäle geleitet, das durch chemische Wechselwirkung Folienmaterial innerhalb der Mikrokanäle zur Erzeugung von Mikro- und/oder Nanostrukturen abträgt und/oder Beschichtungsmuster mit Strukturgrößen im Mikro- und/oder Nanometerbereich erzeugt.

Wesentlicher Aspekt bei der Ausbildung der Mikro- und/oder Nanostrukturen längs der Mikrokanäle, bedingt durch die chemische Wechselwirkung zwischen dem flüssigen oder gasförmigen Medium und dem Folienmaterial innerhalb der Mikrokanäle, betrifft den nur sehr klein dimensionierten Mikrokanalquerschnitt, der durch seine nur geringe Größe für das den Mikrokanal durchströmende Medium einen sehr hohen Strömungswiderstand entgegensetzt. Insbesondere treten bei Verwendung flüssiger Medien laminare Strömungsverhältnisse längs der Mikrokanäle auf. Daher sind geordnete Strömungsmuster längs eines die Mikrokanäle durchsetzenden flüssigen Stoffstromes zu beobachten, wodurch beispielsweise selektiv lokale Materialabtragungen innerhalb der Mikrokanäle stattfinden und sich Nanostrukturen ausbilden.

Ferner beeinflusst die Anordnung zuführender Kanäle sehr stark das Strömungsverhalten von flüssigen oder gasförmigen Stoffströmen, die durch die Mikrokanäle hindurchtreten. So können durch die geometrische Anordnung zuführender Kanäle parallel zueinander laufende Strömungsbahnen entstehen, die zu sogenannten Fluss- bzw. Flowregimes führen. Innerhalb derartiger Flowregimes können sich unterschiedliche Stoffströme bzw. Stoffkonzentrationen ausbilden, die unterschiedlich stark mit den Wänden der Mikrokanäle in chemische Wechselwirkung treten und hierdurch lokale Mikro- und/oder Nanostrukturen zu erzeugen in der Lage sind. So ist es möglich, einen Stoffstrom längs der Mikrokanäle zu leiten, der sich aus wenigstens zwei unterschiedlichen Komponenten zusammensetzt, die als nichtmischbare Phasen auch während des Durchströmens durch die Mikrokanäle ihre spezifische chemische Reaktivität beibehalten und somit an den Kontaktbereichen längs der Mikrokanäle unterschiedlich stark ausgebildete chemische Wechselwirkungen hervorrufen.

Eine weitere Möglichkeit zur Ausbildung von Mikro- und/oder Nanostrukturen innerhalb der Mikrokanäle sieht eine Vorbehandlung der Mikrokanäle derart vor, dass beispielsweise die Mikrokanäle an ihren jeweiligen Seitenflanken bzw. Kanalecken gezielt mit einem chemisch inerten Material überdeckt werden, das sich beispielsweise im Wege einer geeigneten Vorbehandlung selektiv an geeigneten Mikrokanalbereichen absetzt. In einem nachfolgenden Schritt wird ein flüssiges oder gasförmiges chemisch reaktives Medium durch die Mikrokanäle geleitet, das an den noch freien Mikrokanaloberflächen beispielsweise einen entsprechenden Materialabtrag oder eine entsprechende Materialabscheidung erzeugt.

Allen möglichen Verfahrensvarianten ist gemein, dass nach Durchführung der nass- oder gaschemischen Mikro- und/oder Nanostrukturierung der Mikrokanäle die aneinandergefügtten Folien voneinander getrennt werden, um das gewünschte Produkt einer kostengünstig hergestellten Oberflächen-strukturierten Folie mit Mikro- und Nanostrukturen zu erhalten.

Mit Hilfe den vorstehend beschriebenen Verfahren wird eine Folie gewonnen, die sich erfindungsgemäß durch eine Folienoberfläche auszeichnet, in der wenigstens ein einseitig offener Mikrokanal als Oberflächenstruktur vorgesehen ist, längs dem in bevorzugter Weise wenigstens eine nutförmige Vertiefung als Nanostruktur verläuft. In vorteilhafter Weise weist die Folienoberfläche eine Vielzahl nebeneinander verlaufende Mikrokanäle auf, in denen jeweils koparallel längs zum Mikrokanal nutförmige Nanokanäle verlaufen.

Wie insbesondere unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele dargestellt wird, bieten derartig strukturierte Folien vielfache Anwendungsmöglichkeiten sowohl in Form mechanischer, aber insbesondere elektrischer Verbindungsstrukturen, als auch für biotechnologische Anwendungen beispielsweise zur Kultivierung oder Lagerung von Zellen.

Der Vorteil, der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verbunden ist, betrifft die Möglichkeit der Herstellung nahezu grenzenlos großer Oberflächen-strukturierter Folien mit geeigneten Mikro- und/oder Nanostrukturen unter technisch und insbesondere kostenreduzierten Aufwand.

Der erfindungsgemäße Erfolg zur Herstellung der gewünschten mikro- und nanostrukturierten Folie stellt sich überraschenderweise auch beim Durchführen des Verfahrens gemäß einer dritten erfindungsgemäßen Verfahrensvariante ein, die sich überdies als einfachste Verfahrensvariante herausstellt, zumal es keiner Deckelung der vorstrukturierten Folie durch eine zweite Folie bedarf.

Erfindungsgemäß wird hierbei gemäß den ersten beiden, vorbeschriebenen Verfahrensvarianten eine Folie mit wenigstens einer Folienoberfläche, in der wenigstens abschnittsweise zusammenhängende, zur Folienoberfläche einseitig offen ausgebildete Mikrokanäle vorgesehen sind, bereitgestellt. Im Anschluß daran wird wenigstens ein flüssiges Medium in die Mikrokanäle eingebracht wird, das durch chemische Wechselwirkung Folienmaterial innerhalb der Mikrokanäle zur Erzeugung von Mikro- und/oder Nanostrukturen abträgt und/oder Beschichtungsmuster mit Strukturgrößen im Mikro- und/oder Nanometerbereich erzeugt.

Bei der Wahl des flüssigen Mediums ist darauf zu achten, dass bei bloßen in Kontaktbringen des Medium mit dem Folienmaterial, in dem die Mikrokanäle vorgesehen sind, selektive Ätzprozesse oder Materialabscheidungen erfolgen. Dies ist bspw denkbar durch die Gegenwart von sich selbstorganisierender Partikel bspw. kolloidaler Partikel innerhalb des flüssigen Mediums, die sich autonom in einer bestimmten räumlichen Anordnung relativ zueinander ausrichten. Durch die Wahl der chemischen Reaktivität jener Partikel lassen sich gewünschte Ätz- oder Beschichtungsprozesse realisieren. Beispielsweise können sich autonom angeordnete kolloidale Partikel nach entsprechender Verdampfung der flüssigen Phase des Mediums fest innerhalb der Mikrokanäle anordnen und eine Art zusammenhängender Überhöhungen bilden.

Alternativ oder in Kombination vorstehender Partikel können räumlich lokale Ätz- oder Beschichtungsprozesse auch durch Anlegen geeigneter externer Energiefelder, wie bspw. elektromagnetische, elektrostatische, Licht -oder/und Wärmefelder mittels des in den Mikrokanälen eingebrachten flüssigen Mediums hervorgerufen oder verstärkt werden.

Die genaue technische Realisierung dieser vereinfachten Verfahrensvariante, die lediglich eine Art Überspülen der vorstrukturierten Folienoberfläche mit einem geeignet gewählten flüssigen Medium vorsieht, kann insbesondere durch die Anwendung der zu den ersten beiden Verfahrensvarianten genannten Massnahmen, auf die im weiteren im einzelnen eingegangen wird, erzielt werden. Dies betrifft insbesondere die Wahl des flüssigen Mediums, die Ausbildung von Flowregimen sowie die Anwendung externer Energiefelder.

Kurze Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1a, b Folienkombination mit eingeschlossenen Mikrokanälen,

Fig. 2a,b,c Folienkombination mit nanostrukturierten Mikrokanälen,

Fig. 3a,b,c Folienkombination mit nanostrukturierten Mikrokanälen, in denen zusätzliches Beschichtungsmaterial abgelagert ist,

Fig. 4a-d Prozessschritte zur Herstellung einer lokal beschichteten Folienoberfläche,

- Fig. 5a-e Verfahrensschritte zur Herstellung einer nanostrukturierten Folienoberfläche ausgehend von einer lokal beschichteten Folienoberfläche,
- Fig. 6a-e Herstellungsschritte zur Erzeugung mikro- und nanometergroße Beschichtungsmuster auf Folienoberflächen,
- Fig. 7a,b Stapelanordnung mikro- und nanostrukturierter Folienoberflächen,
- Fig. 8a,b,c Stapelanordnung mikro- und nanostrukturierter Folienoberflächen in biotechnologischer Anwendungsform,
- Fig. 9 u. 10 alternative Herstellungsverfahren zur lokalen Beschichtung einer Folienoberfläche,
- Fig. 11 u. 12 Herstellungsverfahren von nanometergroßen Strukturen längs der Mikrokanäle mittels Mikro- und Nanopartikel.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

In Fig. 1a ist eine vorgeprägte Folie 2 dargestellt, an deren Folienoberseite zwei offen ausgebildete, zueinander parallel verlaufende im Querschnitt rechteckförmig ausgebildete Mikrokanäle M eingearbeitet sind. Die Mikrokanäle M weisen typischerweise eine Kanalhöhe von wenigen μm und eine Kanalbreite von bis zu 100 μm auf. Die einseitig offen ausgebildeten Mikrokanäle M werden im Rahmen konventioneller Prägeverfahren in die Folie 2 eingepresst oder mittels alternativer Materialabtrageverfahren erzeugt. Über der vorgeprägten Folie 2 ist eine nichtgeprägte Folie 1 vorgesehen, die in Fig. 1b mit der, die Mikrokanäle M aufweisenden Folienoberfläche der Folie 2 fest verfügt wird. Die feste Verfüzung erfolgt vorzugsweise mittels Laminattechnik. Nach Verfügen beider Folien bilden sich geschlossene Mikrokanäle M aus, die offen aus dem Kantenbereich des Folienpaars 1 und 2 münden. Durch die Längsöffnungen der Mikrokanäle M erfolgt nun die

Einleitung eines flüssigen oder gasförmigen Mediums 3, das im Wege einer lokalen Materialabtragung beispielsweise im Wege einer Ätzung oder einer lokalen Beschichtung innerhalb längs der Mikrokanäle M Nanostrukturen zu erzeugen vermag. Der Eintrag des flüssigen oder gasförmigen Mediums 3 in die Mikrokanäle M kann typischerweise durch Kapillarkräfte, Adhäsionskräfte, erwirkter Partikelfluss oder durch Druckbeaufschlagung erfolgen.

In Fig. 2a sind Nanostrukturen 4 längs der Mikrokanäle M dargestellt, die als nutzförmige, parallel zum Mikrokanal M verlaufende Vertiefungen ausgebildet sind. Die Fig. 2b und c veranschaulichen die sich ausbildenden Nanostrukturen 4 längs der Mikrokanäle M in einer vergrößerten Detailansicht.

In Fig. 3a bis c ist eine mit Fig. 2 korrespondierende Darstellungsform der durch Lamination zusammengefügt Folien 1 und 2 dargestellt. Durch einen geeigneten Abscheidungsprozess im Wege nasschemischer oder gasförmiger Abscheidung längs der Mikrokanäle sind die Nanostrukturen 4 selektiv mit einem Material 5 aufgefüllt, das beispielsweise elektrisch leitendes Material darstellt, um auf diese Weise parallel zueinander verlaufende Elektrodenstrukturen herzustellen. Auf die technische Realisierung derartiger Elektrodenstrukturen wird im weiteren im einzelnen eingegangen.

Neben der unter Bezugnahme auf Fig. 1 dargestellten Ausführungsform, bei der die Folien 1 und 2 unmittelbar aufeinander laminiert sind und auf diese Weise die Mikrokanäle M einzuschließen, sieht die Verfahrensvariante gemäß der Fig. 4 und 5 eine zwischen den Folien 1 und 2 befindliche, strukturierte Zwischenschicht Z vor. Zur Herstellung dieser strukturierten Zwischenschicht Z wird gemäß Fig. 4a eine vorgeprägte, mikrostrukturierte Folie 2 auf eine beschichtete bzw. kaschierte Folie 6 aufgebracht. Die Beschichtung der Folie 6 besteht beispielsweise aus einem metallischen Material. Die gemäß Fig. 4b durch Auflamination der vorstrukturierten Folie 2 auf die kaschierte Zwischenschicht Z der Folie 6 eingeschlossenen Mikrokanäle M werden anschließend von einem Ätzmedium durchströmt, durch das die Zwischenschicht Z längs der Mikrokanäle M vollständig abgetragen wird. (Siehe

Fig. 4c). Nach Delamination der strukturierten Folie 2 von der Oberfläche der Folie 6 erhält man eine lokale Beschichtungsstrukturen aufweisende Folie 7.

Ausgehend von der Mikrostruktur-beschichteten Folie 7 gemäß Fig. 5a werden nun im Wege eines nachfolgenden galvanischen Metallabscheidungsprozesses gemäß Fig. 5b die mikrostrukturierten Schichtbereiche in ihrer Schichtdicke verstärkt. Im weiteren Schritt erfolgt eine Lamination der Folie 1 auf die oberen Bereiche der aufgedoppelten Schichtbereiche (siehe Fig. 5c), wodurch wiederum entsprechende Mikrokanäle M eingeschlossen werden. Zu beachten ist bei dieser Verfahrensvariante, dass die Folie 1 und 7 selbst keine Vorprägung aufweist.

Gleichsam den eingangs erläuterten Techniken wird nun ein flüssiges oder gasförmiges Medium in die Mikrokanäle M eingebracht, wodurch eine lokale Materialabtragung zur Erzeugung von Nanostrukturen 4 erfolgt (Fig. 5d). Wie bereits in der Beschreibungseinleitung erwähnt, können die unterschiedlichen Topologien der sich ausbildenden Nanostrukturen 4 längs der Mikrokanäle M durch Ätzmedien mit unterschiedlichen Konzentrationen sowie Fluss-Regime erzielt werden.

Nach entsprechender Delamination der Folie 1 und Entfernen der die beiden Folien 1 und 7 distanzierenden Metallstrukturen liegt eine topographisch mikro- und nanostrukturierte Folie vor, wie sie aus Fig. 5e zu entnehmen ist.

Zur Herstellung der in Fig. 3 gezeigten lokalen Beschichtung innerhalb der Nanostrukturen 4 beispielsweise zur Ausbildung parallel zueinander orientierter Elektrodenbahnen, sind in Fig. 6 entsprechende Verfahrensschritte dargestellt. Auf eine topographisch mikro- und nanostrukturierte Folie 10, wie sie aus dem vorstehenden, in Fig. 5 beschriebenen Verfahrensprozess erhalten wird, wird eine Folie 1 auflaminiert (siehe Fig. 6a und b). Im weiteren wird ein flüssiges oder gasförmiges Medium in die einzelnen Mikrokanäle M eingeleitet, aus dem sich Ionen oder bestimmte chemische Substanzen aus der Gas- oder Flüssigphase in die Nanostrukturen 4 ablagern (siehe Fig. 6c). Um einen aus Ionen und/oder der chemischen Substanz bestehenden Beschichtungsfilm auf der topographisch mikro-

und nanostrukturierten Folie gezielt abscheiden zu können, werden vorzugsweise elektrostatische, elektrische oder magnetische Felder oder aber Energiefelder in Form von Wärme- oder Lichteintrag längs der Mikrokanäle M mit dem darin befindlichen Abscheidemedium vorgesehen, um eine selektive bzw. lokal begünstigte Materialabscheidung realisieren zu können. In einem weiteren Schritt wird durch Einleiten eines bestimmten Ätzmediums durch die Mikrokanäle M eine definierte Schichtdicke des Beschichtungsfilmes beispielsweise durch Ätzen entfernt, um definiert voneinander getrennte Beschichtungsmuster (siehe Fig. 6d) zu erhalten. Nach Delamination der Folie 1 von der nun neuartig prozessierten Folie 12 wird beispielsweise eine Folie erhalten, längs deren Mikrokanäle nanometerbreite, parallel zueinander verlaufende Elektrodenbereiche E enthalten sind (Fig. 6e).

Zur Erhöhung der Funktionsdichte bei der Herstellung derartig strukturierter Folien 12 bietet sich die in Fig. 7 dargestellte Stapelanordnung an. Hierbei werden gemäß Fig. 7a eine Vielzahl mikro- und nanostrukturierter Folien 10 stapelförmig übereinander laminiert, deren oberste Folie 10 von einer normalen Deckfolie 1 abgeschlossen wird. Derartig stapelförmige Folienanordnungen bieten den Vorteil, dass sich das Verhältnis aus der wirkenden Oberfläche längs der Mikrokanäle zur Grundfläche der Folien wesentlich erhöht. Somit ist es möglich, mikro- und nanostrukturierte Folien auf möglichst ökonomische Weise zu produzieren. Die gestapelten Folien können mittels mehrfacher Lamination fest miteinander verfügt werden. In gleicher Weise wie das in Fig. 6 beschriebene Verfahren sind nun mit lokalem Materialabtrag innerhalb der Nanostrukturen versehene Folien 12 herstellbar. Nach entsprechender Delamination des Folienstapels gemäß Fig. 7b sind die einzelnen Folien 12 fertiggestellt.

Im Falle von mehrlagigen Metallschichten und Leiterbahnen können mit einer derartigen Anordnung vielkanalige Mikrokabel hergestellt werden. Auch metallische Abschirmungen zwischen den Leiterbahnen sind insbesondere für Hochfrequenzanwendungen realisierbar. Verbleiben die einzelnen Folien 12 in der in Fig. 7b dargestellten Stapelanordnung, so können auf diese Weise dreidimensionale Mikroelektroden-Arrays erzeugt werden. Mögliche Anwendungen umfassen

elektrophoretische Systeme, wobei durch die mehrlagigen Fluidkanäle längere Separationsstrecken für eine verbesserte Trennung des Analyten realisierbar werden.

Fig. 8 zeigt biotechnologische Anwendungsbeispiele vorstehend beschriebener Folienstapelsysteme. Fig. 8 a zeigt einen mikro- und nanostrukturierten Folienstapel 14, deren einzelne Folien der mikro- und nanostrukturierten Folie gemäß Fig. 5e entspricht. Eine derartig gestapelte Folienstruktur 14 dient der vielschichtigen Lagerung und vielkanaligen Kontaktierung biologischer Zellen oder biochemischer Komponenten 13, die längs der Nanostrukturen angeordnet sind. Die in Fig. 8a dargestellte Stapelanordnung zeigt eine dreidimensionale Zellmatrix zur Kultivierung oder Lagerung von Zellen 13 innerhalb des Folienstapels 14. Eine Perfusion oder Versorgung der einzelnen Zellen 13 mit Nährlösung und Gasen kann durch die jeweiligen Mikrokanäle gewährleistet werden. Die Nanostrukturen können sowohl der positionierten Anordnung der einzelnen Zellen dienen als auch der Zuführung von Nährlösung zu den Zellen bei offen ausgebildeten Nanokanälen.

Derartige Stapelanordnungen finden insbesondere ihre Anwendung in der Entwicklung von biohybriden, künstlichen Organen sowie von Ersatzgeweben.

In Fig. 8b ist eine Stapelanordnung 15 dargestellt, deren einzelne strukturierte Folien der mit Elektrodenbereichen versehenen Folie 12 gemäß Fig. 6e entspricht. Eine derartige Stapelanordnung realisiert eine mehrlagige Kultivierung biologischer Zellen 13 auf einem dreidimensionalen Folien-Mikroelektroden-Array mit der biosensorische Anwendungen durchgeführt werden können.

Fig. 8c zeigt ein Folienlaminat 16 mit integrierten mehrlagigen Leiterbahnen L, die mit den Elektrodenbereichen E innerhalb der jeweiligen Nanostrukturen 4 verbunden sind. Mit derartigen Strukturen können durch die mehrlagige Leiterbahnzuführung Mikroelektroden-Arrays mit hoher Elementdichte hergestellt werden.

Die Fig. 9 und 10 zeigen alternative Herstellungsverfahren für eine lokal beschichtete Folie 7, wie sie beispielsweise aus Fig. 4d hervorgeht, wie sie gemäß Fig. 5a als Ausgangsfolie für ein weiteres Aufwachsen von Metallmaterial benötigt wird. In Fig. 9a wird eine perforierte Folie 17 auf eine mit einer Zwischenschicht Z kaschierten Folie 6 aufgebracht (siehe Fig. 9b). Mit Hilfe eines geeigneten Materialabtrageverfahrens, beispielsweise nasschemisches Ätzen, werden die nicht von der perforierten Folie 17 abgedeckten Schichtbereiche Z vollständig von der Folienoberfläche 7 entfernt. Nach entsprechendem Delaminieren der perforierten Folie 17 entsteht die gewünschte lokal beschichtete Folie 7.

Alternativ hierzu sieht die Verfahrensvariante gemäß Fig. 10 vor, eine perforierte Folie 17 unmittelbar auf eine unstrukturierte Folie 18 mittels Lamination aufzubringen (siehe Fig. 10a und b). Nachfolgend erfolgt eine flächenhafte Beschichtung der sich durch Zusammenfügen beider Folien 17 und 18 ergebenden Oberfläche (siehe Fig. 10c). In einem letzten Schritt wird die perforierte Folie 17 mit der auf ihr befindlichen Zwischenschicht Z von der Folie 18 entfernt, so dass letztlich die gewünschte Folie 7 erhalten wird.

In den letzten beiden Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 11 und 12 sind Verfahrensvarianten zur Herstellung von Nanostrukturen auf einer Folienoberfläche dargestellt, die die Verwendung sich selbst anordnender Partikel vorsehen. So wird gemäß der Figuren 11 a und b eine vorgeprägte Folie 2 mit Führungskanälen oder Mikrokanälen M auf eine unstrukturierte Folie 18 auflaminiert. In die sich ergebenden Mikrokanäle M werden in einer Flüssig- oder Gasphase vorliegende Mikro- oder Nanopartikel beispielsweise Kristalle oder Kolloide eingebracht, die sich längs der Mikrokanäle abscheiden (siehe Fig. 11c). Die Möglichkeit der Selbstassemblierung von Partikeln, Kristallen oder Kolloiden kann in diesem Zusammenhang gezielt genutzt werden. Nach Entfernen der vorgeprägten Folie 2 verbleiben jene Partikel auf der Oberfläche der Folie 20 und bilden die einzelnen Nanostrukturen.

Jedoch ist es auch möglich, die sich innerhalb der Mikrokanäle M in selbstorganisierender Weise abgeschiedenen Partikel bzw. Kristalle oder Kolloide

gemäß der Anordnung in Fig. 11c als Ätzmaske zu verwenden. So wird ein entsprechendes selektives Ätzmedium durch die Mikrokanäle und den darin befindlichen selbstorganisierten Mikropartikel gemäß Fig. 12a hindurchgeleitet, wodurch ein selektiver Materialabtrag innerhalb des Folienmaterials zwischen den Mikropartikeln erfolgt (siehe Fig. 12b). Die Folienoberfläche wird dabei in Strukturgrößen geätzt, die der Größe der Partikel bzw. der Kolloide entsprechen. Die Partikel bzw. Kolloide können nachfolgend mit einem entsprechend gewählten Medium entfernt werden (Fig. 12 c) und nach entsprechender Delamination der vorgeprägten Deckelfolie 1 verbleibt eine mikro- bzw. nanostrukturierte Substratoberfläche gemäß Fig. 12d.

Mit den vorstehend genannten Verfahrensvarianten lassen sich mikro- und nanostrukturierte Folien herstellen, die in den folgenden technischen Anwendungsfeldern Verwendung finden:

- Großflächige Folien mit Metallmatrix für die elektronische Ansteuerung von Pixeln bei Herstellung flexibler, großflächiger und ultraflacher Displays,
- Großflächige Folien mit Strukturen zur räumlich hoch auflösenden Beschichtung beispielsweise mit OLED (organic light emitting diodes) zur Herstellung flexibler, großflächiger und ultraflacher Displays,
- Folien mit mikrostrukturierten, in die Folie integrierten Leiterbahnen für die Anwendung von Anschlussflächen und Mikroantennen sowie zu Massenfertigung flexibler Substrate beispielsweise zur Objektidentifikation,
- Großflächige Folien mit strukturierter Chrom-Beschichtung als großflächige Photomasken für die Halbleitertechnologie,
- Großflächige, gestapelte Folien als Matrix für die Besiedlung mit biologischen Zellen für Anwendung in der Biosensorik und in der Zellanalytik sowie für das gerichtete und kontrollierte Wachstum von biologischem Gewebe als Gewebe- und Organersatz („Tissue-Engineering“).

Bezugszeichenliste

1	Folie, Deckelfolie
2	Mikrostrukturierte, vorgeprägte Folie
3	Flüssiges oder gasförmiges Medium, Stoffstrom
4	Nanostrukturen
5	Beschichtungsmaterial innerhalb der Nanostrukturen
6	Beschichtete, kaschierte Folie
7	Lokal beschichtete Folie
8	Zusätzliches Abscheidematerial im Wege galvanischer Metallisierung
9,10	mikro- und nanostrukturierte Folie
11	gedeckelte Folie mit Mikroelektroden
12	Mikro- und nanostrukturierte Folie mit elektrischen Leiterbahnen
13	Zellen, biologische Zellen
14,15,16	Folienstapel
17	perforierte Folie
18	Unstrukturierte Folie
19	Gedeckelte Folie mit Mikro- und Nanopartikel
20	Folie mit Mikro- und Nanopartikel
21	Nanogeätzte Folie nach Entfernung der Nanopartikel
M	Mikrokanäle
Z	Zwischenschicht
E	Elektrodenbereiche, Mikroelektroden-Arrays
L	Leiterbahnen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenstrukturierung einer Folie mit Strukturgrößen im Mikro- und Nanometerbereich,
dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Folie mit wenigstens einer Folienoberfläche, in der wenigstens abschnittsweise zusammenhängende, zur Folienoberfläche einseitig offen ausgebildete Mikrokanäle vorgesehen sind, bereitgestellt wird,
dass eine zweite Folie mit der oberflächenstrukturierten Folie derart verfügt wird, dass die Mikrokanäle von der zweiten Folie fluid- und/oder gasdicht überdeckt werden, und
dass wenigstens ein flüssiges oder gasförmiges Medium durch die Mikrokanäle geleitet wird, das durch chemische Wechselwirkung Folienmaterial innerhalb der Mikrokanäle zur Erzeugung von Mikro- und/oder Nanostrukturen abträgt und/oder Beschichtungsmuster mit Strukturgrößen im Mikro- und/oder Nanometerbereich erzeugt.
2. Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1,
dadurch **gekennzeichnet**, dass auf wenigstens einer Folienoberfläche einer Folie im Wege zumindest eines Materialabscheidungsprozesses Bereiche der Folienoberfläche mit Abscheidematerial überdeckt werden, die freie Bereiche der Folienoberfläche umgeben, die einseitig offen ausgebildete Mikrokanäle darstellen,
dass eine zweite Folie mit den über die Folienoberfläche erhabenen Bereichen mit Abscheidematerial derart verfügt wird, dass die Mikrokanäle von der zweiten Folie fluid- und/oder gasdicht überdeckt werden, und
dass wenigstens ein flüssiges oder gasförmiges Medium durch die Mikrokanäle geleitet wird, das durch chemische Wechselwirkung Folienmaterial innerhalb der Mikrokanäle zur Erzeugung von Mikro- und/oder Nanostrukturen abträgt und/oder Beschichtungsmuster mit Strukturgrößen im Mikro- und/oder Nanometerbereich erzeugt.

3. Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruches 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Folie mit wenigstens einer Folienoberfläche, in der wenigstens abschnittsweise zusammenhängende, zur Folienoberfläche einseitig offen ausgebildete Mikrokanäle vorgesehen sind, bereitgestellt wird, und dass wenigstens ein flüssiges Medium in die Mikrokanäle eingebracht wird, das durch chemische Wechselwirkung Folienmaterial innerhalb der Mikrokanäle zur Erzeugung von Mikro- und/oder Nanostrukturen abträgt und/oder Beschichtungsmuster mit Strukturgrößen im Mikro- und/oder Nanometerbereich erzeugt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Mikrokanäle Kanalbreiten im Bereich zwischen 0,1 μm und 100 μm aufweisen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass als flüssiges oder gasförmiges Medium ein Stoffstrom in die Mikrokanäle eingeleitet wird, der Stoffstrombereiche mit unterschiedlichen Stoffkonzentrationen oder Stoffzusammensetzungen aufweist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass als flüssiges oder gasförmiges Medium ein Stoffstrom in die Mikrokanäle eingeleitet wird, der Stoffstrombereiche mit unterschiedlichen Stoffstromgeschwindigkeiten aufweist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass längs der Mikrokanäle zumindest während der Einleitung des flüssigen oder gasförmigen Mediums durch die Mikrokanäle bzw. der Einbringung des flüssigen Mediums in die Mikrokanäle ein elektrostatisches, elektromagnetisches Feld und/oder ein Energiefeld in Form eines Wärme- oder Lichtfeldes angelegt wird, das in Wechselwirkung zumindest mit Bestandteilen des flüssigen oder gasförmigen Mediums tritt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch **gekennzeichnet**, dass das flüssige oder gasförmige Medium
druckbeaufschlagt unter Zugrundelegung eines konstanten oder zeitlich variierenden
Druckes in die Mikrokanäle eingeleitet bzw. eingebracht wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2, 4 bis 8,
dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Herstellung der Bereiche der Folienoberfläche,
die mit Abscheidematerial überdeckt sind, folgende Herstellungsschritte durchgeführt
werden:
- Bereitstellen einer Folie mit wenigstens einer Folienoberfläche, in der
wenigstens abschnittsweise zusammenhängende, zur Folienoberfläche einseitig
offen ausgebildete Mikrokanäle vorgesehen sind,
 - Verfügen der die Mikrokanäle aufweisenden Folienoberfläche mit einer
Folienoberfläche einer zweiten Folie, auf der ganzflächig ein Schichtmaterial
abgeschieden ist,
 - Einleiten eines das Schichtmaterial abtragenden Ätzmediums in die
Mikrokanäle und vollständiges Abätzen des Schichtmaterials im Bereich der
Mikrokanäle,
 - Entfernen der die Mikrokanäle aufweisenden Folie von der nun lediglich
teilweise mit Schichtmaterial überdeckten Folie.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2, 4 bis 8,
dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Herstellung der Bereiche der Folienoberfläche,
die mit Abscheidematerial überdeckt sind, folgende Herstellungsschritte durchgeführt
werden:
- Bereitstellen einer Folie, die die Folie vollständig durchsetzende Öffnungen
vorsieht.
 - Verfügen der perforierten Folie mit einer Folienoberfläche einer zweiten Folie,
auf der ganzflächig ein Schichtmaterial abgeschieden ist,
 - Vollständiges Abätzen des Schichtmaterials in den von der perforierten Folie
nicht überdeckten Bereiche der zweiten Folie,

- Entfernen der perforierten Folie von der nun lediglich teilweise mit Schichtmaterial überdeckten Folie.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2, 4 bis 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Herstellung der Bereiche der Folienoberfläche, die mit Abscheidematerial überdeckt sind, folgende Herstellungsschritte durchgeführt werden:

- Bereitstellen einer Folie, die die Folie vollständig durchsetzende Öffnungen vorsieht.
- Verfügen der perforierten Folie mit einer Folienoberfläche einer zweiten Folie,
- Beschichten der zweiten Folie samt der auf der zweiten Folie aufsitzenden perforierten Folie,
- Ablösen der beschichteten, perforierten Folie von der zweiten Folie, die in Bereichen, in denen die zweite Folie von der perforierten Folie nicht abgedeckt war mit Schichtmaterial bedeckt ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, dass auf die bereits vorhandenen Bereiche von Schichtmaterial weiteres Schichtmaterial selektiv abgeschieden wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schichtmaterial metallisches Material ist, und dass das selektive Abscheiden im Wege eines galvanischen Abscheideprozesses oder einer stromlosen Abscheidung erfolgt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 4 bis 13, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Verfügen zweier Folien im Wege einer lösbar festen Lamination durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 4 bis 14,
dadurch **gekennzeichnet**, dass die Folien nach Durchleiten des wenigstens einen flüssigen oder gasförmigen Mediums durch die Mikrokanäle voneinander getrennt werden.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch **gekennzeichnet**, dass in dem wenigstens einem flüssigen oder gasförmigen Medium Mikro- oder Nanopartikel enthalten sind, die sich im Wege der Selbstanordnung bzw. Selbstassemblierung in einer Ordnung innerhalb der Mikrokanäle fest anordnen und eine Art Beschichtungsstruktur bilden.
17. Verfahren nach Anspruch 16,
dadurch **gekennzeichnet**, dass die innerhalb der Mikrokanäle angeordneten Mikro- oder Nanopartikel als Ätzmaske für einen nachfolgenden Ätzschritt dienen.
18. Folie mit Oberflächenstrukturen, deren Strukturgrößen im Mikro- und Nanometerbereich liegen und die nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17 hergestellt ist,
dadurch **gekennzeichnet**, dass die Folie eine Folienoberfläche aufweist, in der wenigstens ein einseitig offener Mikrokanal als Oberflächenstruktur vorgesehen ist, längs dem wenigstens eine nutförmige Vertiefung als Nanostruktur verläuft.
19. Folie nach Anspruch 18,
dadurch **gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Mikrokanal geradlinig ausgebildet ist.
20. Folie nach Anspruch 18 oder 19,
dadurch **gekennzeichnet**, dass in der nutförmigen Vertiefung Material, das sich vom Folienmaterial unterscheidet, eingebracht ist.

21. Folie nach Anspruch 20,
dadurch **gekennzeichnet**, dass das Material elektrisch leitendes Material oder biologisch oder chemisch reagierendes Material ist.

22. Folie nach einem der Ansprüche 18 bis 21,
dadurch **gekennzeichnet**, dass die Folie mit einer Vielzahl weiterer Folien übereinander stapelbar ist.

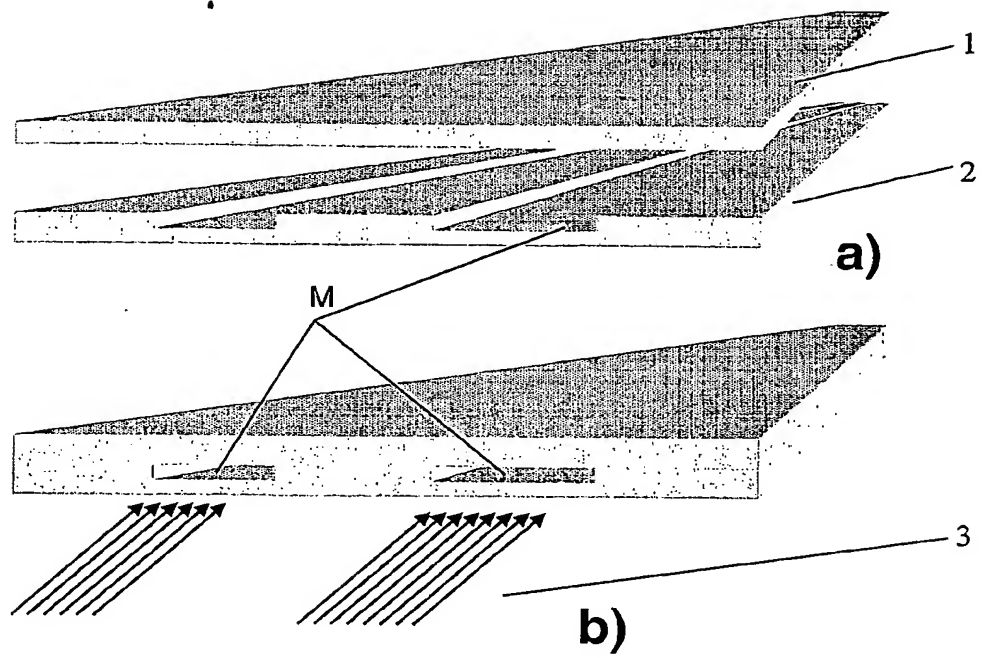


Fig. 1

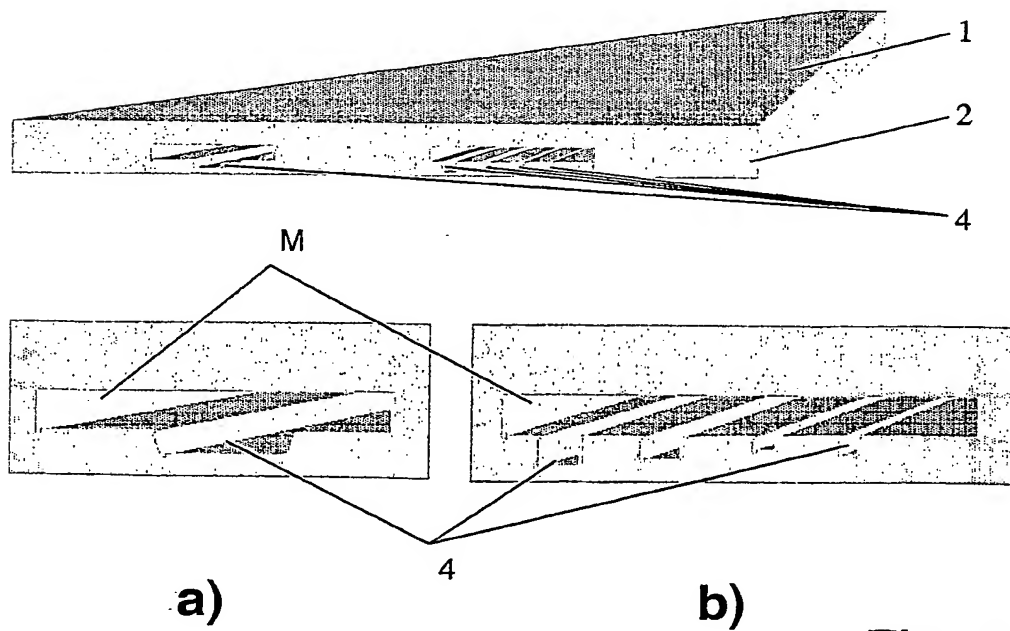


Fig. 2

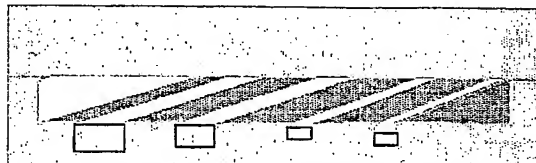
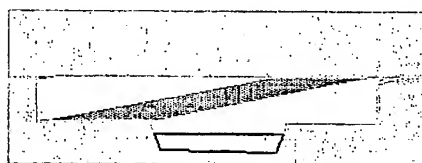
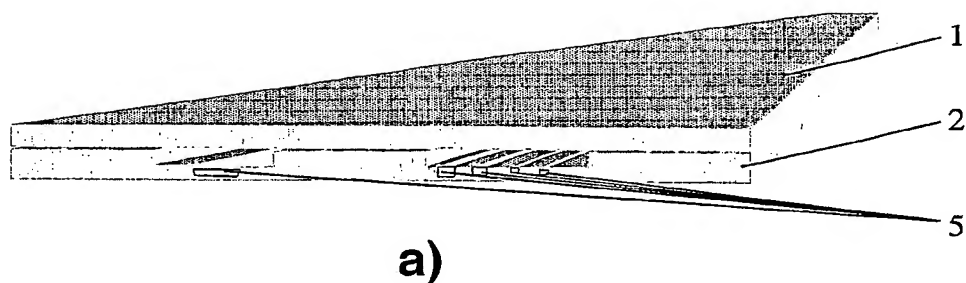


Fig. 3

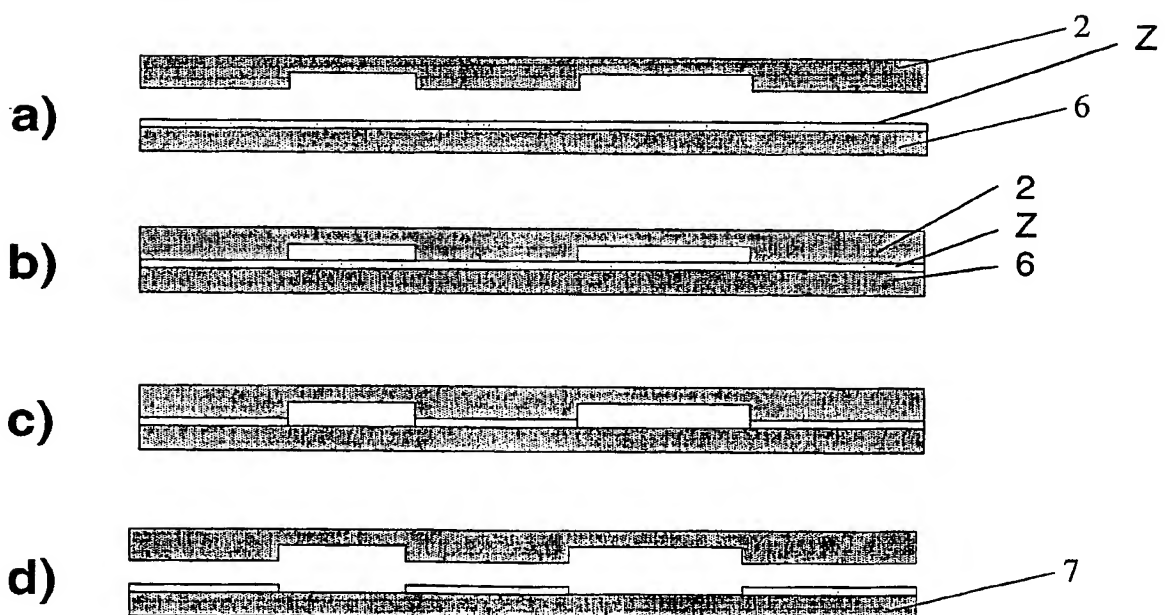
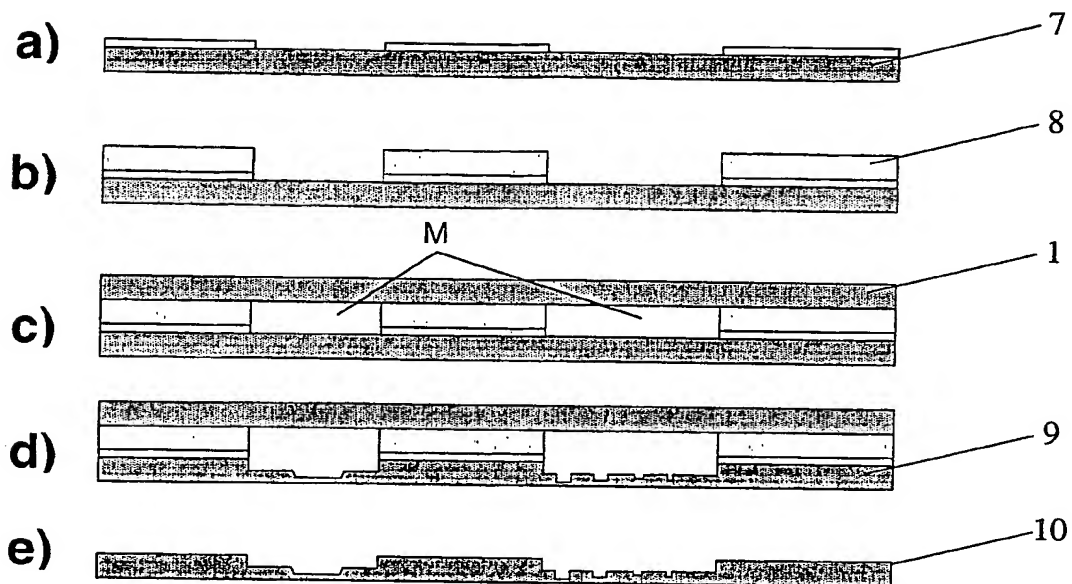
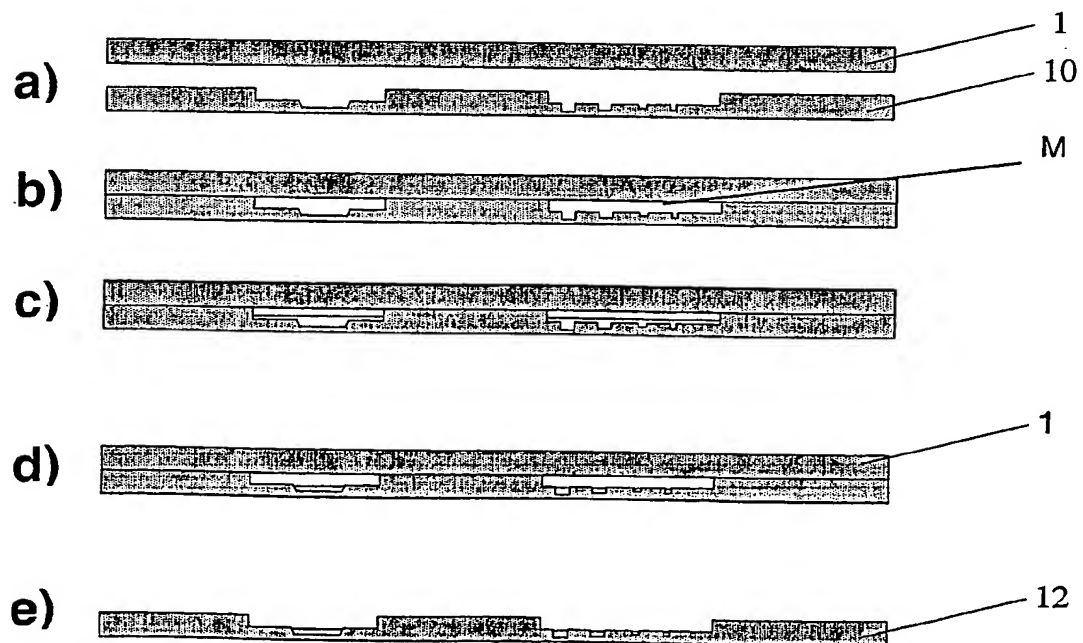


Fig. 4

**Fig. 5****Fig. 6**

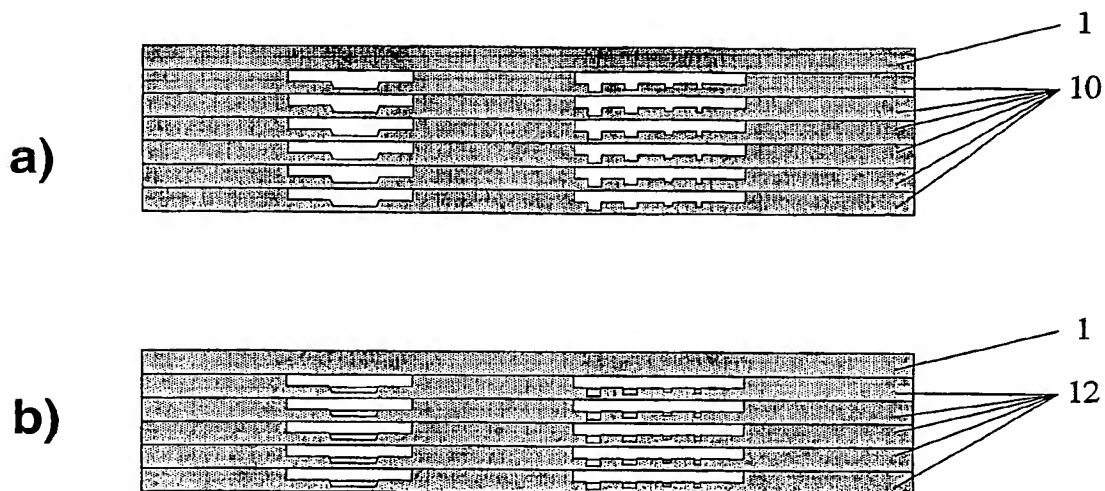


Fig. 7

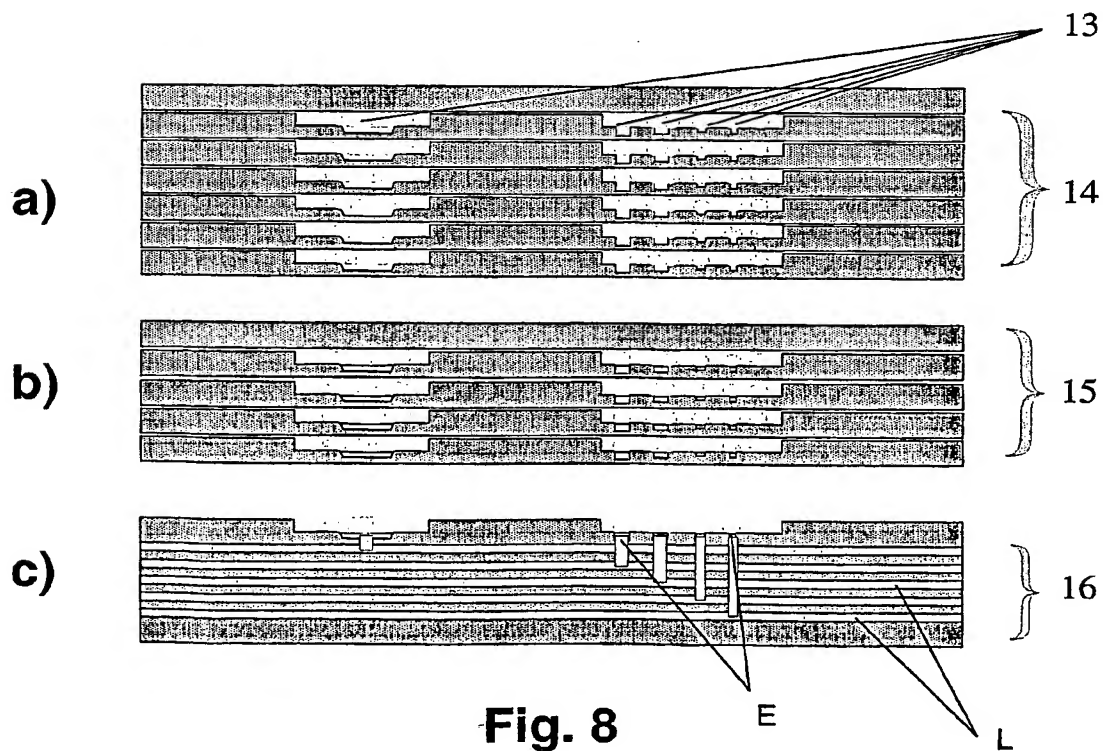


Fig. 8

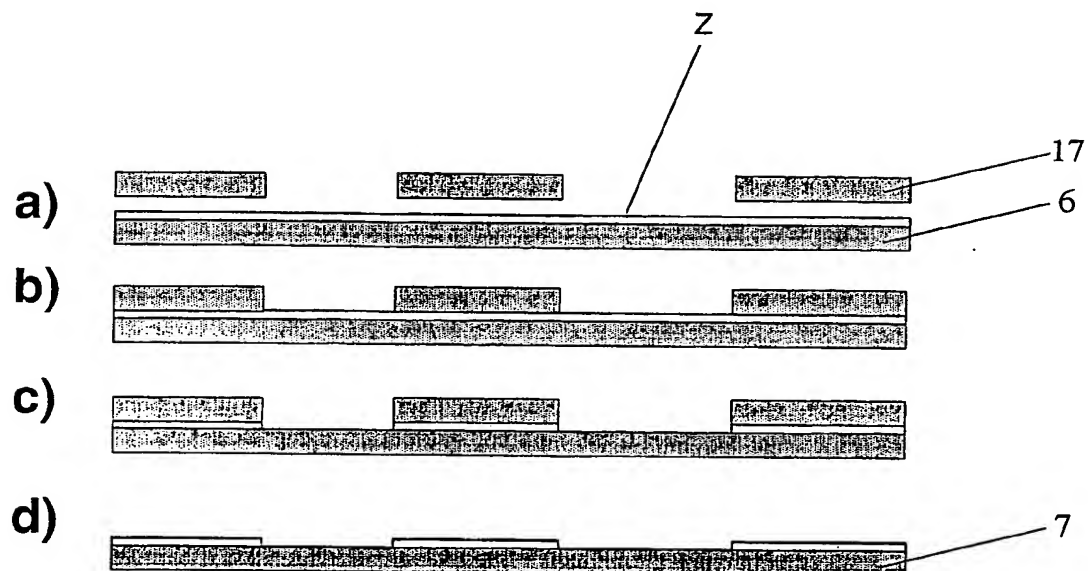


Fig. 9

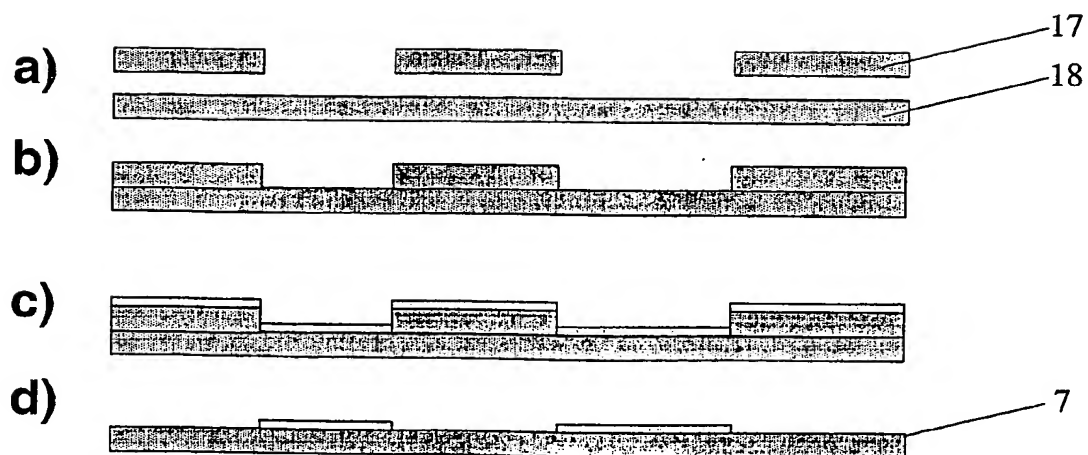


Fig. 10

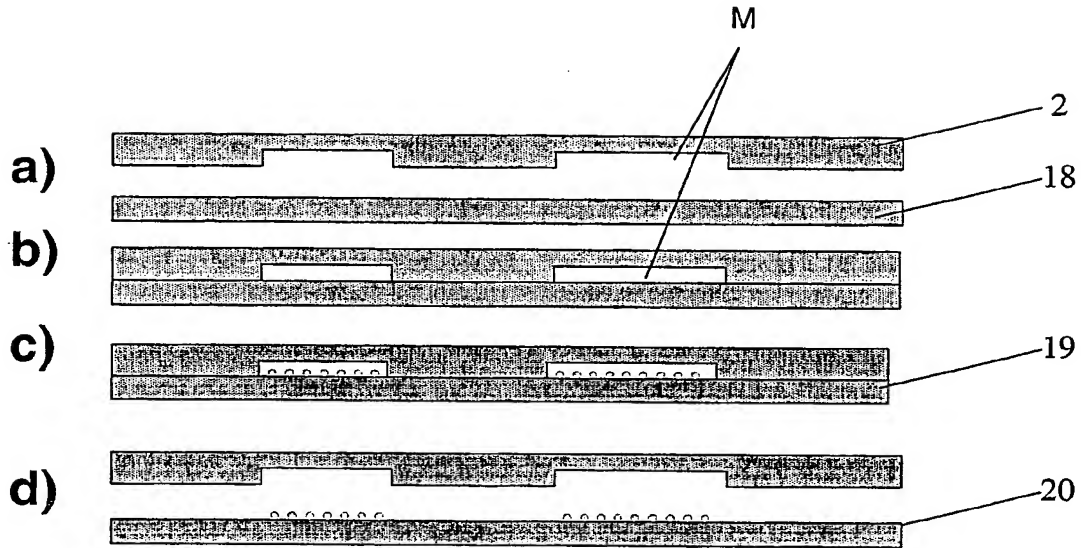


Fig. 11

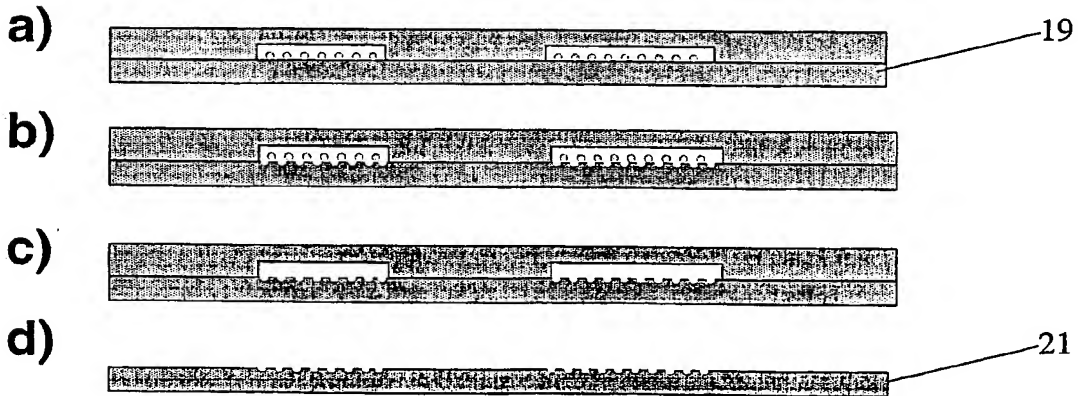


Fig. 12

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Juli 2003 (24.07.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2003/059804 A3

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B81B 1/00**,
B81C 1/00, G03F 7/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/000360

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Januar 2003 (15.01.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 01 640.2 17. Januar 2002 (17.01.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E. V.** [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, 80636 München (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MEYER, Jörg-Uwe** [DE/DE]; Triftstrasse 17a, 66386 St. Ingbert (DE).

(74) Anwalt: **RÖSLER, Uwe**; Landsberger Strasse 480a, 81241 München (DE).

(81) Bestimmungsstaat (national): US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen
Recherchenberichts: 11. März 2004

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A FILM HAVING MICROSCOPIC AND NANOMETRIC SURFACE STRUCTURES, AND ONE SUCH FILM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER FOLIE MIT OBERFLÄCHENSTRUKTUREN IM MIKRO- UND NANOMETERBEREICH SOWIE EINE DIESBEZÜGLICHE FOLIE

(57) Abstract: The invention relates to a method for structuring the surface of a film with microscopic and nanometric structures. The invention is characterised in that a film is used which comprises at least one surface provided with microchannels, said microchannels being communicating, at least in parts, and open on one side towards the film surface; a second film is combined with the film having a structured surface in such a way that the microchannels are covered in a liquid-tight or a gas-tight manner by said second film; and at least one liquid or gaseous medium is guided through the microchannels, said medium removing film material inside the microchannels, by means of chemical interaction, in order to create microstructures and/or nanostructures, and/or producing a coating pattern in the form of microscopic and nanometric structures.

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird ein Verfahren zur Oberflächenstrukturierung einer Folie mit Strukturgrößen im Mikro- und Nanometerbereich. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass eine Folie mit wenigstens einer Folienoberfläche, in der wenigstens abschnittsweise zusammenhängende, zur Folienoberfläche einseitig offen ausgebildete Mikrokanäle vorgesehen sind, bereitgestellt wird, dass eine zweite Folie mit der oberflächenstrukturierten Folie derart verfugt wird, dass die Mikrokanäle von der zweiten Folie fluid- und/oder gasdicht überdeckt werden, und dass wenigstens ein flüssiges oder gasförmiges Medium durch die Mikrokanäle geleitet wird, das durch chemische Wechselwirkung Folienmaterial innerhalb der Mikrokanäle zur Erzeugung von Mikro- und/oder Nanostrukturen abträgt und/oder Beschichtungsmuster mit Strukturgrößen im Mikro- und/oder Nanometerbereich erzeugt.

WO 2003/059804 A3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/00360

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B81B1/00 B81C1/00 G03F7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01 89788 A (WHITESIDES GEORGE M; CHIU DANIEL T (US); CHOI INSUNG S (US); HUANG) 29 November 2001 (2001-11-29) page 59, line 12 -page 64, line 23; figures 11,9C page 70, line 1 -page 71, line 27 ---	1-22
A	TAKAYAMA S ET AL: "Patterning of cells and their environments using multiple laminar fluid flows in capillary networks" PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF USA, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. WASHINGTON, US, vol. 96, May 1999 (1999-05), pages 5545-5548, XP002159130 ISSN: 0027-8424 the whole document --- -/--	1-22



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 August 2003

Date of mailing of the international search report

08/09/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Götz, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/00360

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CHIU D T ET AL: "Patterned deposition of cells and proteins onto surfaces by using three dimensional microfluidic systems" PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF USA, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. WASHINGTON, US, vol. 97, no. 6, 14 March 2000 (2000-03-14), pages 2408-2413, XP002159237 ISSN: 0027-8424 the whole document ---	1-22
A	BARKER S L R ET AL: "Fabrication, derivatization and applications of plastic microfluidic devices", ADVANCED ENVIRONMENTAL AND CHEMICAL SENSING TECHNOLOGY, BOSTON, MA, USA, 5-8 NOV. 2000 , PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 2001, SPIE-INT. SOC. OPT. ENG, USA, PAGE(S) 112 - 118 XP009016312 ISSN: 0277-786X the whole document ---	1-22
A	WO 99 65664 A (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO) 23 December 1999 (1999-12-23) the whole document -----	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/00360

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0189788	A	29-11-2001	AU 6348101 A EP 1283748 A2 WO 0189788 A2	03-12-2001 19-02-2003 29-11-2001
WO 9965664	A	23-12-1999	US 6375871 B1 AU 742931 B2 AU 4003299 A CN 1305410 T EP 1087864 A1 JP 2002518202 T US 2002082540 A1 WO 9965664 A1 US 2002098124 A1 US 6420622 B1	23-04-2002 17-01-2002 05-01-2000 25-07-2001 04-04-2001 25-06-2002 27-06-2002 23-12-1999 25-07-2002 16-07-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 B81B1/00 B81C1/00 G03F7/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 B01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01 89788 A (WHITESIDES GEORGE M; CHIU DANIEL T (US); CHOI INSUNG S (US); HUANG) 29. November 2001 (2001-11-29) Seite 59, Zeile 12 -Seite 64, Zeile 23; Abbildungen 11,9C Seite 70, Zeile 1 -Seite 71, Zeile 27 ---	1-22
A	TAKAYAMA S ET AL: "Patterning of cells and their environments using multiple laminar fluid flows in capillary networks" PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF USA, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. WASHINGTON, US, Bd. 96, Mai 1999 (1999-05), Seiten 5545-5548, XP002159130 ISSN: 0027-8424 das ganze Dokument --- -/-	1-22



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. August 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/09/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Götz, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	CHIU D T ET AL: "Patterned deposition of cells and proteins onto surfaces by using three dimensional microfluidic systems" PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF USA, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. WASHINGTON, US, Bd. 97, Nr. 6, 14. März 2000 (2000-03-14), Seiten 2408-2413, XP002159237 ISSN: 0027-8424 das ganze Dokument	1-22
A	BARKER S L R ET AL: "Fabrication, derivatization and applications of plastic microfluidic devices", ADVANCED ENVIRONMENTAL AND CHEMICAL SENSING TECHNOLOGY, BOSTON, MA, USA, 5-8 NOV. 2000, PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 2001, SPIE-INT. SOC. OPT. ENG, USA, PAGE(S) 112 - 118 XP009016312 ISSN: 0277-786X das ganze Dokument	1-22
A	WO 99 65664 A (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO) 23. Dezember 1999 (1999-12-23) das ganze Dokument	1-22

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 03/00360

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0189788 A	29-11-2001	AU 6348101 A	03-12-2001
		EP 1283748 A2	19-02-2003
		WO 0189788 A2	29-11-2001
WO 9965664 A	23-12-1999	US 6375871 B1	23-04-2002
		AU 742931 B2	17-01-2002
		AU 4003299 A	05-01-2000
		CN 1305410 T	25-07-2001
		EP 1087864 A1	04-04-2001
		JP 2002518202 T	25-06-2002
		US 2002082540 A1	27-06-2002
		WO 9965664 A1	23-12-1999
		US 2002098124 A1	25-07-2002
		US 6420622 B1	16-07-2002

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)